

**Method for protecting electric components**

Patent Number: DE3528492  
Publication date: 1987-02-12  
Inventor(s): KNECHT ARMIN DIPL ING (DE); HERRMANN HUBERT (DE)  
Applicant(s): RESICOAT GMBH (DE)  
Requested Patent: ☐ DE3528492  
Application Number: DE19853528492 19850808  
Priority Number(s): DE19853528492 19850808  
IPC Classification: H02K15/10; H01F27/32; B05D1/06; B05D1/14; B05D1/22  
EC Classification: H01B3/40, H01F41/12C, H02K15/12  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

A method is proposed which serves to protect electric components having wire windings, and in which at least one thermosetting resin layer in powdered form is applied to the preheated component. The coating powder used is an epoxy resin-based thermosetting powder in the levelling phase which has a minimum viscosity below 10 Pa.s, in order to allow the resin to penetrate into the wire winding. If the demands made of the stability of the wire winding are not too high, this impregnation, which is subsequently after-cured, is sufficient; however, if greater demands in terms of rotational speed and temperature stability are made of the wire winding, said impregnating coating, preferably without prior after-curing, has a further coating applied thereto in which the epoxy resin-based coating powder in the levelling phase reaches a minimum viscosity which exceeds at least by the factor of 10 the minimum viscosity of the first coating powder, in order to prevent excessive fusing of the two coatings. Both coatings are then after-cured in one process step. Both coatings are preferably carried out in a fluidized-bed coating tank, but may alternately be effected electrostatically or by spraying by means of nozzles.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3528492 A1

②1 Aktenzeichen: P 35 28 492.7  
②2 Anmeldetag: 8. 8. 85  
④3 Offenlegungstag: 12. 2. 87

⑤1 Int. Cl. 4:  
H02K 15/10

H 01 F 27/32  
B 05 D 1/06  
B 05 D 1/14  
B 05 D 1/22

DE 3528492 A1

⑦1 Anmelder:

Resicoat GmbH Beschichtungspulver, 7410  
Reutlingen, DE

⑦4 Vertreter:

Schweikhardt, F., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7250  
Leonberg

⑦2 Erfinder:

Knecht, Armin, Dipl.-Ing. (FH); Herrmann, Hubert,  
7410 Reutlingen, DE

⑤4 Verfahren zum Schützen von elektrischen Bauteilen

Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, das zum Schützen von elektrischen Bauteilen, die Drahtwicklungen aufweisen, dient und bei dem mindestens eine duroplastische Harzschicht in Pulverform auf das vorgewärmte Bauteil aufgebracht wird. Als Beschichtungspulver dient ein solches duroplastisches Pulver auf Epoxidharzbasis, das in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität unter 10 Pa·s aufweist, um ein Eindringen des Harzes in die Drahtwicklung zu ermöglichen. Für geringere Anforderungen an die Festigkeit des Drahtwickels reicht diese Imprägnierung, die dann noch nachgehärtet wird, aus; werden jedoch höhere Anforderungen bezüglich Drehzahl und Temperaturfestigkeit an den Drahtwickel gestellt, so wird auf diese imprägnierende Beschichtung, vorzugsweise ohne vorheriges Nachhärten, eine weitere Beschichtung aufgebracht, bei der das Beschichtungspulver auf Epoxidharzbasis in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität erreicht, das mindestens um den Faktor 10 über dem Minimum der Viskosität des ersten Beschichtungspulvers liegt, um ein zu weitgehendes Ineinanderfließen der beiden Beschichtungen zu verhindern. Beide Beschichtungen werden dann in einem Verfahrensschritt nachgehärtet. Beide Beschichtungen werden vorzugsweise in einem Wirbelsinterbecken vorgenommen, können aber auch elektrostatisch oder durch Aufsprühen mittels Düsen erfolgen.

DE 3528492 A1

35 28 492

1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Schützen von elektrischen Bauteilen, die Drahtwicklungen aufweisen, durch Aufbringen mindestens einer duroplastischen Harzschicht in Pulverform, wobei vor dem Aufbringen das Bauteil vorgewärmt und gegebenenfalls nach dem Aufbringen die Schicht nachgehärtet wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein duroplastisches Beschichtungspulver auf Epoxidharzbasis aufgebracht wird, daß in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität unter  $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das duroplastische Beschichtungspulver in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität unter  $1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das duroplastische Beschichtungspulver hergestellt wird aus einem unsubstituierten oder substituierten Epoxidharz auf der Basis von: Bisphenol A-Epichlorhydrin, epoxidiertem Phenolnovolak, epoxidiertem Kresolnovolak, Trisglycidylisocyanurat einzeln oder gemeinsam und einem Härter aus der Gruppe Dicyandiamide, Amidine, Carbonsäuren mit zwei oder mehr Carboxylgruppen, Carbonsäureanhydride, Anhydridaddukte, Härtern mit zwei oder mehr phenolischen Hydroxylgruppen, Härtern mit zwei oder mehr an Benzolringe gebundenen Aminogruppen sowie gegebenenfalls üblichen Zusätzen wie Pigmente, Füllstoffe, Additiven.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das duroplastische Beschichtungspulver hergestellt wird aus
  - 70–90 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 500–1000 und einem Durranschmelzbereich von  $70-110^\circ\text{C}$
  - 0–15 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 182–194 und einer Viskosität bei  $25^\circ\text{C}$  von  $10-15 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
  - 5–10 Gew.-% Dicyandiamid mit einem Aschegehalt  $\leq 1\%$  und einer Körnung von  $\geq 95 \text{ Gew.-%} < 75 \mu\text{m}$  und einem Schüttgewicht von ca.  $200 \text{ g/l}$
  - 0,3–2,0 Gew.-% eines Verlaufsmittels auf Basis Acrylpolymer.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch das Aufbringen eines weiteren duroplastischen Beschichtungspulvers auf Epoxidharzbasis, wobei dieses weitere Beschichtungspulver in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität erreicht, das mindestens um den Faktor 10 über dem Minimum der Viskosität des ersten Beschichtungspulvers oder eines stattdessen benutzten Flüssigharzes liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere duroplastische Beschichtungspulver in der Verlaufsphase ein Minimum der Viskosität erreicht, daß mindestens um den Faktor 60 über dem Minimum der Viskosität des ersten Beschichtungspulvers oder eines stattdessen benutzten Flüssigharzes liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere duroplastische Be-

2

schichtungspulver hergestellt wird aus einem unsubstituierten oder substituierten Epoxidharz auf Basis von: Bisphenol A-Epichlorhydrin, epoxidiertem Phenolnovolak, epoxidiertem Kresolnovolak, Trisglycidylisocyanurat, einzeln oder gemeinsam, und einem Härter aus der Gruppe Dicyandiamide, Amidine, Carbonsäuren mit zwei oder mehr Carboxylgruppen, Carbonsäureanhydride, Anhydridaddukte, Härtern mit zwei oder mehr phenolischen Hydroxylgruppen, Härtern mit zwei oder mehr an Benzolringe gebundenen Aminogruppen sowie gegebenenfalls üblichen Zusätzen wie Pigmente, Füllstoffe, Additiven.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das duroplastische Beschichtungspulver hergestellt wird aus

- 40–70 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 500–1000 und einem Durranschmelzbereich von  $70 \text{ bis } 110^\circ\text{C}$
- 3–10 Gew.-% Trimellithsäureanhydrid mikronisiert mit einer Körnung von  $97-100\%$  kleiner  $63 \mu\text{m}$
- 30–50 Gew.-% Bariumsulfat mit einer Ölzahl von 10–20, einem mittleren Teilchendurchmesser von  $0,1-10 \mu\text{m}$  und einer Dichte von  $4,0-5,0 \text{ g/cm}^3$
- 0–5 Gew.-% eines Tixotropierungsmittels auf Asbestbasis mit einer maximalen Faserlänge von  $3-10 \mu\text{m}$ .

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Beschichtungspulver auf die noch nicht vollständig ausgehärtete erste Harzschicht aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Beschichtungspulver in einer solchen Menge aufgebracht wird, daß die daraus gebildete Schicht eine Dicke von  $50 \text{ bis } 3000 \mu\text{m}$ , vorzugsweise von  $80 \text{ bis } 300 \mu\text{m}$  aufweist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Vorwärmung der Bauteile auf  $100 \text{ bis } 300^\circ\text{C}$ , vorzugsweise auf  $150 \text{ bis } 250^\circ\text{C}$ .

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorwärmung mittels Stromfluß durch die Drahtwicklungen des Bauteils erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die duroplastischen Beschichtungspulver in einem Wirbelsinterbecken, durch elektrostatische Pulverbeschichtung oder durch Aufsprühen mittels Düsen aufgebracht werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile während der Beschichtung gedreht werden.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachhärtemperatur mindestens so hoch liegt wie die Temperatur der Vorwärmung.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Glasübergangspunkt der Beschichtung bzw. der Beschichtungen, gemessen über den Ausdehnungskoeffizienten durch thermomechanische Analyse, über  $100^\circ\text{C}$  liegt.

35 28 492

3

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren nach der Gattung des Hauptanspruches. Es ist bekannt, elektrische Bauteile wie z. B. Anker, Statoren oder ähnliche Teile von elektrischen Maschinen, die Drahtwicklungen aufweisen, mit einem vorzugsweise flüssigen Kunstharz zu imprägnieren, um einen Zusammenhalt des Windungspaketes zu gewährleisten. Flüssige Kunstharze werden für diesen Zweck deshalb bevorzugt benutzt, weil es notwendig ist, daß das Kunstharz in das Wicklungspaket eindringt, wozu eine ausreichend geringe Viskosität notwendig ist, die bei pulverförmigen Beschichtungssystemen normalerweise nicht erreicht werden. Aus der US-PS 28 37 669 ist es darüber hinaus bekannt, die Imprägnierschicht derartiger Bauteile mit einer zweiten Schicht eines lufttrocknenden Organopolysiloxanharzes zu beschichten, wobei aber auch diese Schicht in Form einer Lösung mit etwa 10% Harzanteil angewendet wird. Der Zweck dieser zweiten Schicht ist ein Schutz gegen Nässe und salzhaltige Atmosphären. Mit einem solchen Verfahren sind lediglich dünnere Schichtdicken zu erreichen, die weder eine ausreichende Festigkeit bei hoher Temperaturbelastung aufweisen noch den Belastungen des Wicklungspaketes durch hohe Drehzahlen, wie sie beispielsweise bei schnellaufenden Elektromotoren auftreten, standhalten.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß sich mit ihm ein umweltfreundliches Beschichtungsverfahren verwenden läßt, weil es gelungen ist, Beschichtungspulver zu finden, die in der Verlaufsphase eine so geringe Viskosität aufweisen, daß sie während dieser Phase in das Wicklungspaket einzudringen vermögen. Der aus dem Beschichtungspulver entstehende Überzug weist eine sehr gute Warmfestigkeit auf, das Verfahren ist in seiner Handhabung wesentlich einfacher und es werden flüssige Zweikomponentensysteme mit der ihnen eigenen begrenzten Tropfzeit vermieden. Schließlich härtet das Beschichtungspulver sehr schnell aus und es läßt sich nahezu verlustlos ausnutzen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines duroplastischen Beschichtungspulvers, wie es im Anspruch 4 angegeben ist, da dieses sich durch eine besonders geringe Viskosität in der Verlaufsphase auszeichnet, so daß es möglichst weit in das Wicklungspaket eindringt. Bei einer besonderen Beanspruchung bezüglich der Drehzahl und der zu erwartenden Temperaturen ist es besonders vorteilhaft, wenn auf diese erste duroplastische Harzschicht eine zweite Harzschicht aufgebracht wird, bei deren Applikation aber das Minimum der Viskosität während der Verlaufsphase um mindestens den Faktor 10 über dem Minimum der Viskosität des ersten Beschichtungspulvers liegt. Damit wird sichergestellt, daß sich diese Schicht auf das gesamte Wicklungspaket legt und somit einen guten Abrasionschutz sowie einen mechanischen Schutz gegen Staub und Abrieb bildet, darüber hinaus aber auch dazu bei-

4

trägt, die Wicklung zusätzlich mechanisch zu halten und noch besser gegen Feuchtigkeit zu schützen. Ein besonders bevorzugtes duroplastisches Beschichtungspulver ist im Anspruch 8 angegeben. — Bezüglich der Applikation der Schichten ist es besonders vorteilhaft, wenn die Vorwärmung der zu beschichtenden Drahtwicklung durch Widerstandserwärmung erfolgt, indem man durch die Drahtwicklungen einen Strom fließen läßt. Die Beschichtung selbst erfolgt bei beiden Schichten am vorteilhaftesten in bzw. über einem Wirbelsinterbecken, sie kann aber in vorteilhafter Weise auch durch elektrostatische Pulverbeschichtung oder Aufblasen erfolgen. Durch Drehen der zu beschichtenden Bauteile wird eine besonders gleichmäßige Beschichtung erzielt. Sollen beide Schichten appliziert werden, so können diese unmittelbar nacheinander aufgebracht werden, da durch die höhere minimale Viskosität des zweiten Beschichtungspulvers in der Verlaufsphase die beiden Schichten zwar gut aneinander haften, aber praktisch nicht ineinander eindringen.

## Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem ein mit Kupferdraht bewickelter Anker zunächst mit Hilfe einer ersten Kunstharzschicht imprägniert und daran anschließend mit einer zweiten Kunstharzschicht darüber zusätzlich geschützt wird.

Zunächst wird für das Imprägnierharz aus folgenden Rohstoffen ein Epoxidharz hergestellt:

— 82,5 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 600–700 und einem Durrans-Schmelzbereich von 77–85°C

— 10,0 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 182–194 und einer Viskosität bei 25°C von 10 bis 15 Pa · s

— 6,5 Gew.-% Dicyandiamid mit einem Aschegehalt  $\leq 0,05\%$  und einer Körnung von  $\geq 99,5\%$  kleiner 75  $\mu\text{m}$  und einem Schüttgewicht von ca. 200 g/l

— 1,0 Gew.-% eines Verlaufsmittels auf Basis Acrylpolymer mit der Bezeichnung "Modaflow".

Die Herstellung dieses Harzes erfolgt auf die in der Kunststofftechnik bekannten Weise. Das so gewonnene Epoxidharzsystem wird auf eine Korngröße von mindestens 60% unter 125  $\mu\text{m}$  gemahlen und in einem Wirbelsinterbecken mittels Luft fluidisiert.

Die auf 180°C widerstandserwärmte Wicklungspackung des Ankers wird nun unter drehender Bewegung über dem Wirbelsinterbecken mit konstanter Fluidisierungshöhe abgerollt, wie dies in der DE-OS 35 26 723 näher beschrieben ist. Nach diesem Vorgang, der ca. 10 Sekunden dauert, werden die so imprägnierten Teile, wenn sie nicht mit einer zweiten Schicht versehen werden sollen, bei 200°C Umlufttemperatur 30 Minuten lang ausgehärtet. An einem solchen Anker wurden die folgenden Prüfergebnisse gefunden: Die Haftung sowohl auf lackiertem Kupferdraht als auch auf der pulverbeschichteten Nutisolation ist sehr gut; der Verlauf ist glatt und porenfrei; das Schmelzviskositätsminimum liegt bei einer durchschnittlichen Aufheizgeschwindigkeit des Pulverlacks von 200 K/min bei  $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ; der Glasübergangspunkt  $T_g$  (aus TMA-Ausdehnungskoeffizient) liegt bei 109°C; die Gel-Zeit bei 200°C nach DIN

## 35 28 492

5

55 990, Teil 8 beträgt 90 sec, die Norton-Ablaufstrecke bei 180°C ist größer als 120 mm. Diese Norton-Ablaufstrecke wird wie folgt gemessen: Man preßt eine Tablette von 0,5 g, bringt sie auf einer Glasplatte in einen Umluftofen bei der genannten Temperatur waagrecht für 1,5 Sekunden, dann wird die Glasplatte mit 60° gegen die Waagerechte für drei Minuten schräggestellt. Als Ablaufstrecke wird die Laufstrecke inklusive der Tablette angegeben.

In dem Fall, daß der ersten Beschichtung eine zweite folgen soll, braucht man die erste Schicht nicht extra auszuhärten, nach dem Aufbringen der ersten Schicht wird die Wicklungspackung des Ankers vielmehr erneut auf 180°C gebracht und abermals in ein Wirbelsinterbecken getaucht. Dieses zweite Wirbelsinterbecken ist mit einem Beschichtungspulver gefüllt, das aus den folgenden Rohstoffen hergestellt wird:

- 50 Gew.-% Harz auf Basis Bisphenol A-Epichlorhydrin mit einem Epoxyäquivalentgewicht von 875–975 und einem Durran-Schmelzbereich von 95–105°C
- 5,2 Gew.-% Trimellithsäureanhydrid mikronisiert mit einer Körnung von 97–100% kleiner 63 µm
- 42,8 Gew.-% Bariumsulfat mit einer Ölzahl von 15–16, einem mittleren Teilchendurchmesser von 1 µm und einer Dichte von 4,4 g/cm<sup>3</sup>
- 1,0 Gew.-% eines Tixotropiermittels auf Asbestbasis mit einer maximalen Faserlänge von 5 µm.

Auch hier wird das Beschichtungspulver auf die in der Kunststofftechnik bekannte Weise hergestellt und auf eine Körnung von mindestens 60% unter 125 µm gemahlen und in dem oben genannten Wirbelsinterbecken mittels Luft fluidisiert. Für das Aufbringen dieser zweiten Schicht ist es günstig, den Anker vollständig in das Wirbelsinterbecken einzutauchen, weshalb es angezeigt ist, die Lamellen des Kommutators durch eine entsprechende Abdeckung vor der Beschichtung zu schützen. Der wie oben beschrieben vorgewärmte und bereits imprägnierte Anker wird nun unter oszillierender Bewegung in dieses Wirbelsinterbecken für ca. 3 Sekunden eingetaucht. Das auf dem Anker angesinterte und bei der Entnahme aufgeschmolzene Beschichtungspulver sowie die im ersten Verfahrensschritt aufgebrachte Imprägnierschicht werden nun 200°C Umlufttemperatur gemeinsam 30 bis 40 Minuten lang ausgehärtet.

An dieser äußeren Schutzschicht wurden die folgenden Prüfergebnisse gefunden: Der Verlauf ist glatt und porenfrei, die Haftung auf der ersten Schicht, der Imprägnierschicht, ist sehr gut; das Schmelzviskositätsminimum liegt bei einer durchschnittlichen Aufheizgeschwindigkeit des Pulverlacks von 200 K/min bei 1,66 Pa · s; der Glasübergangspunkt  $T_g$  (aus TMA-Ausdehnungskoeffizient) liegt bei 108°C, die Gel-Zeit bei 200°C bei 125 sec und die oben näher beschriebene Norton-Ablaufstrecke bei 180°C liegt hier bei nur 16 mm.

Ein Anker, der auf die beschriebene Weise behandelt wurde, bleibt sowohl bei Temperaturen von 130°C als auch bei hohen Drehzahlen von etwa 30 000 U/min noch voll funktionsfähig, da die bei der Rotation auftretenden, auf die Wicklung einwirkenden Fliehkräfte voll von der äußeren Epoxidharzschicht aufgefangen werden.

Es sei noch erwähnt, daß die zuletztgenannte Schutzschicht nicht nur dann vorteilhaft ist, wenn das Wick-

6

lungspaket mit Hilfe des genannten, niedrigviskosen Beschichtungspulvers imprägniert wird, sondern daß dieses höherviskose Beschichtungspulver auch dann eingesetzt werden kann, wenn die Drahtwicklung entweder mit einem Flüssigharz imprägniert wurde, oder wenn, was insbesondere für weniger hochbelastete Maschinen möglich ist, für die Wicklung ein Backlackdraht verwendet wurde, der nach der oben angegebenen Widerstandserhitzung ausreichend zusammenklebt und bei dem es dann nur noch notwendig ist, die äußere Schutzschicht aufzubringen.